Saber : Jurnal Teknik Informatika, Sains dan Ilmu Komunikasi
Volume. 3 Nomor. 3 Juli 2025
e-ISSN : 3025-342X; p-ISSN : 3025-2776, Hal. 96-106
DOI: https://doi.org/10.59841/saber.v3i3.2922
Available online at: https://jurnal.stikes-ibnusina.ac.id/index.php/SABER

Optimalisasi WMS (*Warehouse Management System*) dengan Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) di PT Nutrition and Special Foods: Studi Kasus pada *Warehouse 4.0*

Formas Alzandy[1], Muhammad Septianto[2*], Sri Mulyeni[3]
[1,2,]Teknik Informatika, Universitas Nasional Pasim, Indonesia
[3]Ekonomi, Universitas Nasional Pasim, Indonesia
Email: formasalzandy28@gmail.com[1], *septiantomuhamad19@gmail.com[2],
srimulyeni88@gmail.com[3]

Korespondensi Penulis: septiantomuhamad19@gmail.com

Abstract. *This study aims to analyze the operational conditions of the raw material warehouse at PT Nutrition And Special Foods Division and evaluate the potential implementation of an Internet of things (IoT)-based warehouse management system (WMS) to improve the efficiency and accuracy of warehouse management. A descriptive qualitative approach was used, including field observations and interviews with several operators and warehouse staff. The findings indicate that the currently used manual system causes various obstacles, such as input errors, slow picking processes, and limited stock tracking capabilities. A simulation of WMS implementation using RFID and barcode technology showed significant improvements, including approximately 40% increase in picking efficiency, around 90% improvement in stock recording accuracy, and a reduction of input errors by up to 85%. The application of this technology also supports real-time tracking using FIFO/FEFO methods and enhances visibility and decision-making in logistics operations. Thus, the integration of RFID, barcode, and QR code in WMS proves effective in transforming warehouse management into a faster, more accurate, and responsive system aligned with supply chain dynamics.*

Keywords: *Warehouse, Internet Of Thinks, Warehouse Management System*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi operasional gudang bahan baku di PT Nutrition And Special Foods Division serta mengevaluasi potensi penerapan *warehouse management system* (WMS) berbasis teknologi *Internet of things* (IoT) guna meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan gudang. Metode yang digunakan dengan pendekatan kualitatif deskriptif, pengumpulan data dengan observasi lapangan, serta wawancara dengan beberapa operator dan staf gudang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem manual yang masih digunakan menyebabkan berbagai hambatan, seperti kesalahan input, proses *picking* yang lambat, dan keterbatasan pelacakan stok. Simulasi penerapan WMS berbasis RFID dan barcode menghasilkan peningkatan signifikan diantaranya, efisiensi *picking* naik 40%, akurasi pencatatan stok meningkat 90%, dan kesalahan input data turun hingga 85%. Penerapan teknologi ini juga mendukung pelacakan metode FIFO/FEFO secara real-time, serta memperkuat visibilitas dan pengambilan keputusan logistik. Dengan demikian, integrasi RFID, barcode, dan QR code dalam WMS terbukti efektif dalam mentransformasi manajemen gudang menuju sistem yang lebih cepat, akurat, dan responsif terhadap dinamika rantai pasok.

Kata Kunci: Gudang, Internet Of Thinks, Sistem Manajemen Gudang

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan bahan baku di sebuah perusahaan khususnya pada sektor pangan merupakan salah satu faktor penting dalam kegiatan usaha. Hal ini dikarenakan bahan baku tersebut tidak bisa di dapatkan dengan cara instan, butuh sebuah perencanaan dan waktu dalam mendapatkannya. Penyediaan bahan baku yang mecukupi menjadi salah satu indikator kelancaran sebuah perusahaan dalam melaksanakan proses produksi guna memenuhi permintaan pelanggan tepat waktu (Kotler & Keller, 2012)

Received: Mei 09, 2025; Revised: Mei 30, 2025; Accepted: Juni 17, 2025; Online Available; Juni 23, 2025

Management sistem terhadap ketersediaan bahan baku akan memudahkan sebuah perusahaan untuk menjalankan proses penerimaan hingga suplai bahan baku ke area proses produksi serta menjaga siklus operasi perusahaan. Hal ini perlu dilakukan untuk menghindari ketidakefisienan proses operasioanal di area *warehouse* dalam organisir persediaan bahan baku, selain itu pengendalian dan pencatatan bahan baku akan berpengaruh terhadap proses produksi dan laporan keuangan perusahaan (Wambu et al., 2015). Hal ini juga meliputi pencatatan berdasarkan jenis bahan baku, jumlah bahan baku serta area penyimpanannya.

Kemajuan teknologi informasi telah membawa perubahan besar dalam beberapa aspek, salah satunya pada aspek operasional *warehouse*. Dimana pelaksanaan pengendalian ini merupakan bagian dari efisiensi proses penerimaan bahan baku hingga pengiriman bahan ke area produksi untuk didapatkan produk jadi. Pengendalian ini dirancang untuk kepentingan operasional gudang yang akan berpengaruh terhadap keseluruhan proses produksi. *Management warehouse* yang dikelola dengan baik mampu meningkatkan efisiensi penanganan bahan baku (Kusuma dkk., 2017). Aktivitas operasional gudang yang kompleks, akan menimbulkan kesulitan jika dilakukan secara manual. Salah satu contohnya adalah pencatatan secara manual, dimana aktivitas ini berpotensi menimbulkan informasi yang kurang berkualitas dan tidak tepat waktu sehingga menimbulkan penilaian yang bias terhadap persediaan. Solusi untuk mempermudah akses dan kontrol operasional gudang adalah dengan penerapan sistem operasional yang tekomputerisasi dengan berbasis *Internet of Things* (IoT). Hal ini dapat meningkatkan efektifitas kerja operator gudang, akurasi data, kemudahan *tracebility* bahan baku, kecepatan pengolahan data serta pencatatan dan penyimpanan persediaan yang lebih baik.

PT. Nutrtion And Special Foods Division merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi makanan bayi hingga anak-anak. Perusahaan yang memiliki kegiatan usaha mengolah bahan baku (*Raw material*) dengan penambahan premix dan vitamin hingga menjadi produk yang siap dipasarkan di masyarakat indonesia. Adapun beberapa jenis bahan baku yang digunakan di perusahaan ini terdiri atas bahan baku utama (Beras dan biji-bijian), bahan baku tambahan (Premix dan vitamin) serta bahan baku kemasan (Etiket, inner dan karton). Seluruh persediaan bahan baku yang akan digunakan, disimpan dalam gudang *raw material* sedangkan untuk produk jadi disimpan di gudang finish goods. Penyimpanan serta pengambilan bahan baku di gudang ini dilakukan secara manual dengan bantuan *forklift, hand pallet,* serta tenaga manusia.

Permasalahan yang kemudian dihadapi oleh perusahaan PT. Nutrtion And Special Foods Division saat ini adalah belum tersedianya sistem komputerisasi untuk menangani persediaan bahan baku di area gudang, guna meningkatkan efisiensi kerja. Salah satu dampak yang di timbulkan adalah proses permintaan bahan baku di area gudang *raw material* masih dilakukan secara manual. Dimulai dari pencarian bahan baku, perhitungan jumlah bahan baku dan pengambilan bahan baku yang masih dilakukan secara manual. Hal ini menyebabkan operator kehilangan banyak waktu dalam proses operasionalnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh PT. Nutrtion And Special Foods Division adalah dengan memperbaiki operasional gudang dengan penerapan WMS *(Warehouse Management System)*

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, maka yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah memastikanWMS *(Warehouse Management System)* mampu meningkatkan efisiensi kerja di area gudang *raw material* PT. Nutrtion And Special Foods Division. Hasil penelitian ini diharapkan mampu digunakan sebagai referensi guna menambah wawasan serta pemahaman khususnya mengenai WMS *(Warehouse Mangement System)* selain itu sebagai dasar pengambilan keputusan PT. Nutrtion And Special Foods Division dalam langkah penerapan WMS berbasis IoT di area gudang *Raw material*.

2. KAJIAN TEORI

warehouse management system (WMS) adalah sistem berbasis perangkat lunak yang dirancang untuk mengoptimalkan pengelolaan dan kontrol terhadap operasi harian di area gudang (Frazelle, 2002). Sistem ini mencakup berbagai fungsi penting seperti penerimaan barang, penyimpanan, pengambilan, pengemasan, dan pengiriman. Selain itu, WMS memberikan visibilitas real-time terhadap stok dan pergerakan barang di dalam gudang. Tujuan utama dari WMS adalah untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi kesalahan, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam manajemen rantai pasok. Sejalan dengan hal tersebut, Bartholdi dan Hackman, (2006) menyatakan bahwa *"a good WMS not only automates warehouse processes but also improves efficiency through optimized picking routes, real-time inventory management, and data analysis for better decision-making."* Pendapat ini menunjukkan bahwa WMS yang efektif tidak hanya mengefisienkan proses fisik di gudang, tetapi juga mendukung proses strategis seperti analisis data untuk perencanaan dan evaluasi. Selain itu keberhasilan implementasi WMS sangat bergantung pada efisiensi operasional, pengelolaan stok yang akurat, serta dukungan sistem dalam pengambilan keputusan yang cepat dan berbasis data (Richards, 2011; Bowersox, Closs, & Cooper, 2012).

Salah satu bentuk efisiensi dalam WMS adalah otomasi proses operasional dengan metode komputerisasi. Teknologi ini membantu mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual serta meminimalkan potensi kesalahan manusia (*human error*) melalui input data secara real-time (Emmett & Granville, 2007). Dengan adanya visibilitas data yang terus diperbarui, pengelolaan stok menjadi lebih terukur dan akurat, sehingga mempercepat waktu respons terhadap permintaan pasar (Rushton, Croucher, & Baker, 2017). Lebih lanjut, semua proses ini mendukung ketepatan pengambilan keputusan oleh personel gudang, yang dapat dilakukan berdasarkan informasi yang aktual dan terintegrasi (Baker & Canessa, 2009). Teknologi seperti barcode, RFID *(Radio Frequency Identification), dan voice-directed warehousing* terbukti meningkatkan produktivitas gudang secara signifikan (Zhong et al., 2017).

Integrasi WMS dengan sistem ERP *(Enterprise Resource Planning)* memungkinkan terjadinya sinkronisasi antara manajemen gudang dan fungsi bisnis lainnya seperti keuangan, produksi, dan distribusi, sehingga meningkatkan efisiensi rantai pasok secara keseluruhan (Gattorna, 2015; Nah & Lau, 2001). Adapun beberapa sistem manajemen gudang yang mendukung efisiensi dalam WMS diantaranya adalah :

Manajemen Pengambilan Barang (*picking* System)

Manajemen pengambilan barang (*picking system*) merupakan proses penting dalam operasional gudang yang menuntut akurasi dan kecepatan tinggi. Untuk meningkatkan efisiensi, *teknologi Radio Frequency Identification* (RFID) digunakan dengan menempatkan tag RFID pada setiap pallet, memungkinkan data keluar-masuk barang tercatat secara otomatis dan *real-time* dalam sistem WMS. Teknologi ini mengurangi ketergantungan pada pencatatan manual dan meningkatkan akurasi hingga lebih dari 99%, sekaligus mempercepat proses pengambilan barang (Frazelle, 2002). Integrasi RFID dalam WMS juga memberikan visibilitas inventaris yang lebih baik dan mengoptimalkan produktivitas tenaga kerja gudang (Zhang et al., 2016).

Manajemen Pencatatan dan Pelacakan Barang

Manajemen pencatatan dan pelacakan barang merupakan proses penting dalam pengelolaan stok, mulai dari penerimaan, penyimpanan, hingga pengiriman bahan baku ke area produksi. Untuk menjaga akurasi stok dan efisiensi operasional, pencatatan data dapat dilakukan menggunakan teknologi *barcode* dan *QR code scanning*, yang menggantikan metode tulis tangan manual sehingga mengurangi kesalahan dan meningkatkan kecepatan input data. Sementara itu, pelacakan barang dalam gudang dapat didukung dengan sistem pemetaan berbasis RFID untuk memudahkan pencarian lokasi bahan baku serta memastikan penerapan sistem FIFO *(First In First Out)* dan FEFO *(First Expire First Out)* berjalan dengan baik (Kelepouris et al., 2007).

Seluruh rangkaian dari *Warehouse Management System* (WMS) tidak terlepas dari peran *Internet of Things* (IoT) yang membantu mengoptimalkan dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi WMS. IoT bekerja dengan menghubungkan perangkat pintar seperti Sensor, RFID, *Scanning code* untuk mengumpulkan dan mengirim data secara otomatis. IoT merupakan teknologi strategis yang berperan besar dalam meningkatkan efisiensi operasional, khususnya dalam konteks manajemen gudang dan logistik. Penerapan IoT tidak hanya memungkinkan pelacakan bahan baku dan produk secara *real-time*, tetapi juga membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat dan cepat. Selain itu Beberapa pakar telah mengemukakan pendapat mereka mengenai *Internet of Things* (IoT), yang secara umum mengacu pada integrasi perangkat fisik dengan jaringan digital untuk meningkatkan efisiensi dan otomatisasi. Berikut ini disajikan beberapa definisi dari para ahli yang telah mengkaji topik ini dalam berbagai perspektif :

Istilah *Internet of things* (IoT) pertama kali diperkenalkan oleh (Kevin Ashton, 2009), yang mendefinisikannya sebagai sistem yang menghubungkan objek fisik ke internet melalui sensor, sehingga objek-objek tersebut dapat mengirim dan menerima data tanpa campur tangan manusia secara langsung. (Gubbi et al, 2013) menambahkan, bahwa IoT merupakan jaringan perangkat yang dilengkapi sensor dan teknologi komunikasi, yang memungkinkan perangkat tersebut untuk saling berinteraksi dan berbagi data guna menciptakan layanan yang lebih cerdas dan efisien. (Madakam et al, 2015) menjelaskan bahwa IoT adalah paradigma teknologi yang memungkinkan konektivitas antara berbagai perangkat fisik seperti sensor, perangkat lunak, dan jaringan internet untuk memfasilitasi pengumpulan, pengiriman, serta analisis data secara otomatis dan real-time. Sementara itu, menurut *International Telecommunication Union* (ITU),

IoT merupakan jaringan global infrastruktur yang menghubungkan berbagai objek fisik melalui kemampuan penginderaan, identifikasi, dan komunikasi, dengan tujuan utama untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi.Penggunaan IoT di perusahaan seperti PT. Nutrition And Special Foods Division berpotensi besar untuk mengatasi permasalahan manualisasi proses gudang, meningkatkan produktivitas, serta mengoptimalkan *supply chain management* secara keseluruhan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan tujuan memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai kondisi operasional gudang *raw material* di PT Nutrition and Special Foods Division, dengan fokus pada kendala pengelolaan persediaan bahan baku dan potensi penerapan sistem *Warehouse Management System* berbasis IoT. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan fenomena kompleks secara sistematis, mendalam, dan kontekstual, sesuai dengan tujuan penelitian kualitatif (Moleong, 2017; Creswell & Poth, 2018). Populasi penelitian mencakup seluruh karyawan yang terlibat dalam operasional gudang sebanyak 19 karyawan, sedangkan sampel dipilih secara selektif, terdiri dari 6 orang operator, 1 orang staf gudang, dan 1 supervisor gudang, Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap proses penerimaan, penyimpanan, dan pengiriman bahan baku. wawancara mendalam dengan para informan kunci, studi dokumentasi terhadap SOP dan laporan persediaan, serta simulasi sistem operasional untuk membandingkan efektivitas antara sistem manual dan sistem berbasis IoT yang diusulkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil wawancara lapangan dengan beberapa personel gudang di PT. Nutrition And Special Foods Division, ditemukan sejumlah tantangan operasional yang berdampak pada efisiensi dan akurasi pengelolaan gudang. Salah satu operator *forklift*, Bapak YO, menyampaikan bahwa:

“Sistem pencatatan gudang masih dilakukan secara manual menggunakan buku tulis. Hal ini menyebabkan sering terjadi kesalahan input, seperti pencatatan jumlah barang yang tidak sesuai atau lokasi penyimpanan yang tercatat tidak tepat. Proses pelacakan barang pun menjadi lambat dan tidak akurat karena informasi tidak dapat diakses secara real-time.”

Dalam pengamatan lebih lanjut, kesalahan input ini cenderung terjadi pada saat volume barang tinggi, terutama saat penerimaan bahan baku dari supplier datang secara bersamaan. Bapak YO dan tim mengakui bahwa:

“Untuk mencari catatan stok tertentu, saya dan rekan-rekan harus membuka beberapa buku catatan yang berbeda, yang tentu memakan waktu dan meningkatkan risiko kehilangan data. Hal ini bisa terjadi dalam setiap bulannya hingga mencapai 8-10 kesalahan yang membutuhkan koreksi manual.”

Hal tersebut menunjukkan rendahnya efisiensi dalam pencatatan dan perlunya sistem yang lebih andal dan terotomatisasi. Pernyataan ini mengindikasikan bahwa sistem manual yang masih digunakan menghambat ketepatan data dan keterlacakan informasi secara *real-time*. Temuan ini sejalan dengan pendapat dari (Goh et al, 2009) yang menyebutkan bahwa sistem pencatatan berbasis kertas rentan terhadap *human error* dan keterlambatan dalam pengambilan keputusan.

Selanjutnya, Bapak AH selaku staf gudang menambahkan bahwa proses *picking* dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman masing-masing staf. Tidak terdapat panduan *digital* atau sistem peta gudang yang membantu menentukan rute tercepat dan terpendek dalam mengambil barang. Beliau menyampaikan bahwa:

“Waktu yang dihabiskan untuk mengambil barang bisa sangat bervariasi tergantung pada siapa yang melakukannya. Operator baru biasanya memerlukan waktu lebih lama dan rentan salah ambil barang jika label atau lokasi barang kurang jelas. Apalagi disaat puncak aktivitas, seperti menjelang tutup bulan, proses *picking* bisa memakan waktu dua kali lipat dari biasanya karena antrean di area penyimpanan dan ketidakpastian posisi barang ”. Lebih lanjut, ketika ditanya mengenai harapan serta kemungkinan solusi yang dapat dilakukan, beliau menyampaikan:

“Saya membutuhkan sistem yang dapat memberikan informasi posisi barang secara otomatis dan merekomendasikan rute pengambilannya. Hal ini akan sangat membantu meningkatkan produktivitas dan mengurangi kelelahan fisik para pekerja.”

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa tanpa bantuan teknologi, efisiensi proses *picking* sangat bergantung pada pengalaman individu, yang bisa memicu inefisiensi operasional (Bartholdi & Hackman, 2011). Kemudian dari sisi manajerial, Bapak GH selaku supervisor

gudang menyatakan bahwa pihaknya mengalami kesulitan dalam memperoleh data stok yang akurat dan cepat. Beliau menyebutkan bahwa:

"Laporan stok saya sering kali tidak sinkron dengan kondisi aktual karena keterlambatan pencatatan manual dan tidak adanya pembaruan secara otomatis. Misalnya, saat manajemen membutuhkan data stok harian untuk proses perencanaan produksi atau pembelian, laporan tersebut harus direkap terlebih dahulu secara manual oleh staf gudang, yang bisa memakan waktu hingga beberapa jam".

Lebih jauh, Bapak GH berharap adanya penerapan *Warehouse Management System* (WMS) berbasis teknologi RFID dan barcode, yang dapat menyediakan data stok secara *real-time,* akurat, dan terintegrasi dengan sistem produksi dan distribusi."

Beliau juga menekankan bahwa, "Dengan sistem *digital*, proses audit internal maupun *eksternal* akan lebih mudah dilakukan karena seluruh data terdokumentasi dan dapat ditelusuri kembali dengan cepat." Pernyataan tersebut memperkuat *urgensi* akan sistem informasi modern yang mampu memberikan visibilitas tinggi terhadap pergerakan dan ketersediaan stok (Christopher, 2016). Selanjutnya sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, dilakukan juga simulasi perbaikan sistem dengan mengintegrasikan teknologi barcode dan RFID ke dalam proses utama gudang, yaitu penerimaan, penyimpanan, dan pengambilan barang dia area gudang.

Tabel 1. Simulasi Penerapan Sistem Berbasis WMS Dan RF ID

No	Simulasi yang Diuji	Metode Lama	Hasil Setelah Simulasi (WMS/RFID)	Persentase Efisiensi
1	Proses pengambilan barang (*picking*)	Manual, per item	Otomatis via RFID (beberapa item sekaligus terbaca)	Waktu lebih cepat 40%
2	Pencatatan stok harian	Tulis tangan/manual	Barcode & QR code scanning (otomatis, akurat)	Akurasi naik 90%
3	Pelacakan barang untuk sistem FIFO/FEFO	Pencatatan konvensional	Mapping lokasi & RFID terintegrasi	Minimalkan kesalahan
4	Kesalahan input data persediaan	8-10 kesalahan/bulan	1–2 kesalahan / bulan setelah RFID	Kesalahan turun 85%

Hasil simulasi integrasi teknologi RFID, barcode, dan QR code ke dalam sistem manajemen gudang (WMS) di PT. Nutrition and Special Foods Division menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam aspek efisiensi operasional, akurasi data, dan visibilitas stok barang. Pertama, efisiensi dalam proses pengambilan barang *(picking)* meningkat sebesar 40%. Pada sistem sebelumnya, proses *picking* dilakukan secara manual dan item harus dipindai satu per satu, menyebabkan keterlambatan serta potensi kesalahan. Dengan adopsi RFID, proses ini menjadi otomatis karena beberapa item dapat terbaca secara bersamaan tanpa perlu kontak langsung. Peningkatan ini sejalan dengan temuan (Bottani dan Rizzi, 2008) yang menyatakan bahwa RFID mampu mempercepat proses logistik hingga 30–50% dengan mengurangi waktu yang diperlukan dalam identifikasi item. Selain itu, RFID juga terbukti mampu menurunkan tingkat kelelahan pekerja dan mempercepat rotasi barang.

Kedua, akurasi pencatatan stok harian mengalami peningkatan hingga 90% setelah pemanfaatan *barcode dan QR code scanning*. Pada sistem lama yang mengandalkan pencatatan manual, potensi kesalahan input sangat tinggi, dan data cenderung tidak sinkron dengan kondisi aktual di lapangan. Penerapan sistem *scanning* tidak hanya mempercepat pencatatan, tetapi juga mengurangi *human error*. Hal ini selaras dengan penelitian (Goyal dan Gupta, 2012) yang menegaskan bahwa teknologi *barcode* memberikan solusi efektif dan ekonomis untuk pelacakan serta pencatatan inventaris secara akurat. Ketiga, dalam aspek pelacakan barang berdasarkan metode FIFO (*First In First Out*) dan FEFO (*First Expired First Out*), integrasi sistem *mapping* lokasi dengan RFID memungkinkan pelacakan yang jauh lebih akurat dan *real-time*. Pada sistem konvensional, pencatatan rotasi stok rentan terhadap kekeliruan karena tidak terhubung secara *digita*l dengan kondisi fisik barang di rak. Teknologi RFID yang mampu menyimpan informasi detail seperti tanggal kadaluwarsa dan waktu masuk gudang, memberikan dukungan kuat untuk penerapan FIFO/FEFO (Zhang et al, 2016)

Keempat, terjadi penurunan signifikan pada kesalahan input data stok, dari sekitar 10 kesalahan per bulan menjadi hanya 1–2 kesalahan setelah integrasi RFID, atau turun sekitar 85%. Hal ini menunjukkan dampak langsung dari *digitalisasi* sistem terhadap peningkatan keandalan data. Akurasi data merupakan fondasi dari pengambilan keputusan logistik yang efektif, dan sistem berbasis RFID yang mampu meningkatkan validitas data secara drastis melalui pencatatan otomatis dan *real-time* (Wang et al. (2010). Secara keseluruhan, hasil simulasi ini membuktikan bahwa *transformasi digital* melalui integrasi RFID, *barcode*, dan *QR code* memberikan dampak positif terhadap kinerja gudang. Selain mempercepat alur kerja,

sistem baru ini juga dapat meningkatkan transparansi, akuntabilitas, serta mendukung manajemen rantai pasok yang lebih lincah dan efisien (Christopher, 2016)

KESIMPULAN

Penerapan teknologi RFID, *barcode, dan QR code* dalam *Warehouse Management System* (WMS) di PT. Nutrition And Special Foods Division terbukti mampu membawa *transformasi* besar dalam sistem manajemen gudang. Teknologi ini menjawab tantangan utama dalam operasional logistik, seperti kebutuhan akan kecepatan, akurasi, dan efisiensi dalam pencatatan serta pengambilan barang. RFID, sebagai teknologi identifikasi tanpa kontak, memungkinkan proses *scanning* dilakukan secara otomatis, bahkan dalam jumlah besar, tanpa perlu membongkar kemasan atau melakukan kontak langsung dengan produk. Sementara itu, *barcode* dan *QR code* tetap menjadi solusi unggulan yang ekonomis untuk pelacakan barang secara presisi. Kedua teknologi ini memudahkan staf gudang dalam mencatat pergerakan stok dan mengakses informasi produk hanya dengan pemindaian menggunakan perangkat sederhana. Hal ini sangat membantu dalam proses *inbound* dan *outbound* barang, pengecekan stok, serta pengendalian inventaris secara *real-time*. Biaya implementasi yang relatif rendah membuat *barcode* dan *QR code* menjadi pilihan ideal, terutama untuk kebutuhan yang tidak memerlukan otomatisasi tingkat tinggi seperti RFID.

Kombinasi ketiga teknologi ini menciptakan sistem manajemen gudang yang fleksibel, adaptif, dan mampu disesuaikan dengan skala maupun kompleksitas operasional perusahaan. Integrasi RFID untuk proses cepat dan massal, serta *barcode/QR code* untuk pencatatan rinci dan visual, memberikan keleluasaan bagi PT. Nutrition And Special Foods Division dalam merancang alur kerja yang optimal. Hasilnya adalah peningkatan produktivitas, penurunan tingkat kesalahan manusia, serta percepatan waktu respon terhadap permintaan pasar atau perubahan kebutuhan logistik. Secara keseluruhan, pemanfaatan RFID, *barcode*, dan *QR code* tidak hanya meningkatkan efisiensi dan akurasi, tetapi juga memberikan visibilitas menyeluruh terhadap seluruh rantai pasok di gudang. Data yang dihasilkan dari sistem ini membantu manajemen dalam membuat keputusan strategis berbasis informasi *real-time*. Dengan demikian, penerapan teknologi ini menjadi investasi yang sangat bernilai dalam mendukung keberlanjutan dan daya saing perusahaan di tengah tuntutan industri pangan yang terus berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

Attaran, M. (2012). Critical success factors and challenges of implementing RFID in supply chain management. *Journal of Supply Chain and Customer Relationship Management, 2012*(1), 1–15.

Chongwatpol, J. (2015). Improving inventory accuracy using RFID and smart warehouse management. *Journal of Intelligent Manufacturing, 26*(2), 323–335.

Finkenzeller, K. (2010). *RFID handbook: Fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication* (3rd ed.). Wiley.

Gaukler, G. M., Seifert, R. W., & Hausman, W. H. (2007). Item-level RFID in the retail supply chain. *Production and Operations Management, 16*(1), 65–76.

Goyal, M., & Gupta, P. (2012). Barcode system – Applications and advantages. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2*(4), 80–85.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things: A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems, 29*(7), 1645–1660.

Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications, 3*(5), 164–173.

Nguyen, T. H., & Kim, Y. S. (2020). IoT-based warehouse management system architecture for improving inventory control and real-time monitoring. *International Journal of Supply Chain Management, 9*(5), 45–55.

Ramaa, A., Subramanya, K. N., & Rangaswamy, T. M. (2012). Impact of warehouse management system in a supply chain. *International Journal of Computer Applications, 54*(1), 14–20.

Soesanto, R. P., Nurdiansyah, Y., & Kurniawati, A. (2018). Smart warehouse management system: Architecture, real time implementation and prototype design. *Machines, 10*(2), 150.

Soesanto, R. P., Nurdiansyah, Y., & Kurniawati, A. (2022). Streamlining warehouse process: A UHF RFID-enabled smart warehouse system design. *International Journal of Applied Technology Research, 62*(5), 92–113.

Wang, H., Chen, S., & Xie, Y. (2010). An RFID-based digital warehouse management system in the tobacco industry: A case study. *International Journal of Production Research, 48*(9), 2513–2548.

Wang, Y., & Lin, J. (2013). A study on the application of RFID and QR code technology in warehouse management. *Journal of Logistics Technology, 32*(10), 132–134.

Zhang, Y., & Zhang, X. (2011). Research on the barcode and QR code recognition based on Android. *Procedia Engineering, 15*, 4031–4035.

Zhou, W., Piramuthu, S., & Chu, C. H. (2011). Information re-sharing and decision support in RFID-enabled healthcare. *Decision Support Systems, 52*(1), 39–50.